



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월02일
(11) 등록번호 10-2129470
(24) 등록일자 2020년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 65/02 (2006.01) B01D 71/02 (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 65/02 (2013.01)
B01D 71/025 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0168157
(22) 출원일자 2018년12월24일
심사청구일자 2018년12월24일
(56) 선행기술조사문헌
JP2002153735 A*
KR101342689 B1*
KR1020100042348 A*
KR1020170011431 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
명지대학교 산학협력단
경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동, 명지대학교)
(72) 발명자
김한승
서울특별시 강남구 테헤란로52길 16, 102동 801호 (역삼동, 테헤란IPARK)
강준석
경기도 오산시 성호대로93번길 65 (오산동) (뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인다나

전체 청구항 수 : 총 9 항

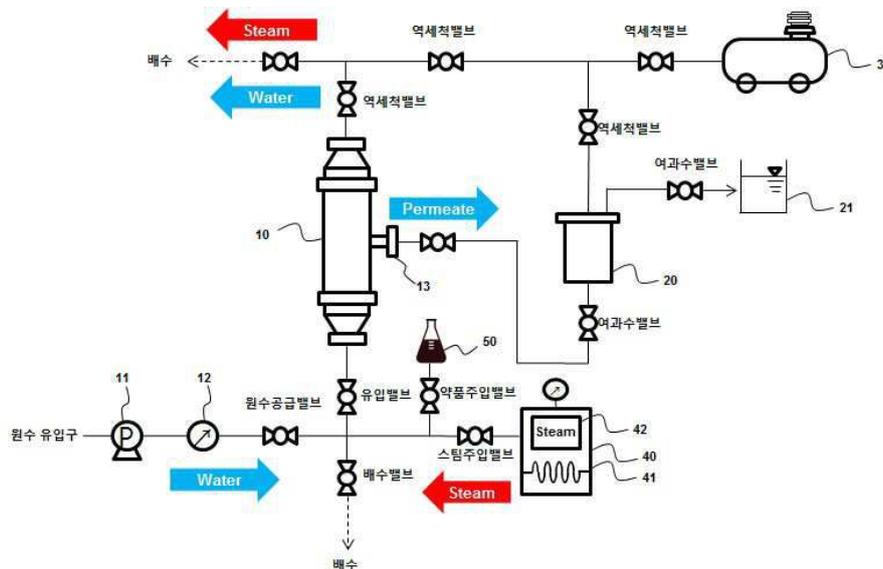
심사관 : 김경미

(54) 발명의 명칭 분리막 시스템 및 세라믹 분리막의 세정 방법

(57) 요약

본 발명은 세라믹 분리막을 포함하는 분리막 시스템 및 상기 세라믹 분리막을 이용한 막여과 공정에서 고온의 증기와 약품을 동시에 주입하는 방법을 적용한 세정기술을 이용하여 물리세척 효율을 향상시킴과 동시에 화학적 세정 주기를 늘릴 수 있는 세라믹 분리막의 세정 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C02F 1/44 (2013.01)
B01D 2321/08 (2013.01)
B01D 2321/162 (2013.01)
B01D 2321/164 (2013.01)

(72) 발명자

박서경

대구광역시 달서구 상화로9길 102-3 (진천동)

이정은

경기도 용인시 처인구 명지로 33-14 (역북동, 세진)

강소연

인천광역시 계양구 계양문화로 141 (용종동, 용종 마을중앙아파트)

이정준

인천광역시 남동구 장승남로81번길 16(만수동, 진
홍아파트)

보 티 킴 쿠엔

경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016002100005

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 글로벌담환경기술개발사업

연구과제명 세라믹 분리막의 고프레스 운영을 위한 전처리공정 조합 및 농축슬러지 처리방안 연구

기 여 율 1/1

주관기관 명지대학교 산학협력단

연구기간 2018.03.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막, 및 상기 분리막에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구를 포함하는 여과부;

상기 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부; 및

상기 여과부에 차아염소산나트륨 수용액이고, 차아염소산나트륨의 농도는 5 내지 100ppm인 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부를 포함하고,

상기 약품 공급 라인 및 증기 공급 라인은 각각 원수 유입구와 유체 연결되며,

약품의 확산성 향상을 위하여 증기에 약품이 혼합되게, 증기와 약품이 동시에 원수 유입구로 공급되며,

약품의 공급 시간은 1 분 내지 30분 동안 공급되는 분리막 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

여과부의 세라믹 분리막은 산화알루미늄 분리막인 분리막 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

산화알루미늄 분리막은 모노리스 형태의 분리막인 분리막 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

처리된 여과수의 일부를 역세수로 저장하는 역세수조를 포함하고,

상기 역세수조에 저장된 역세수를 여과부의 여과수 유출구를 통하여 여과부로 공급하는 역세수 공급부를 추가로 포함하는 분리막 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

유체 압축기를 포함하고,

상기 압축기에서 압축된 유체를 여과부에 형성된 유체 유입구를 통하여 여과부로 공급하는 유체 공급부를 추가로 포함하는 분리막 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

유체 공급부는 역세수 공급부와 유체 연결되어,
역세수 공급부의 역세수는 유체 공급부의 압축 유체에 의해서 여과부로 공급되는 분리막 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,
증기 공급부는 증기를 발생시키는 증기 생성기를 포함하는 분리막 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막, 및 상기 분리막에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구를 포함하는 여과부;

상기 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부; 및

상기 여과부에 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부를 포함하고,

상기 약품 공급부의 약품 공급 라인 및 증기 공급부의 증기 공급 라인은 각각 원수 유입구와 유체 연결된, 분리막 시스템을 이용하는 세라믹 분리막의 세정 방법에 있어서,

세라믹 분리막에 증기를 공급하는 단계; 및

세라믹 분리막에 약품을 공급하는 단계를 포함하고,

상기 약품은 차아염소산나트륨 수용액이고, 차아염소산나트륨의 농도는 5 내지 100ppm이며,

약품의 확산성 향상을 위하여 증기에 약품이 혼합되게 상기 증기와 약품은 동시에 공급되고,

상기 약품의 공급시간은 1 분 내지 30분 동안 공급되는, 세라믹 분리막의 세정 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제11항에 있어서,

역세수로 세라믹 분리막을 세정하는 역세수 세정 단계; 및

압축 유체로 세라믹 분리막을 세정하는 물리 세정 단계를 추가로 포함하는 세라믹 분리막의 세정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 세라믹 분리막을 포함하는 분리막 시스템 및 상기 세라믹 분리막의 세정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 정밀여과(MF, Microfiltration) 및 한외여과(UF, Ultrafiltration) 분리막을 이용한 막여과 공정은 우수한 처리수질의 확보와 설비의 간소화, 부지 면적 최소화 및 자동화 시설의 적용이 가능한 장점을 가지며, 정수, 해수 담수화, 하폐수 재이용 등 다양한 수처리 분야에 적용되고 있다. MF/UF를 이용한 막여과 공정은 원수 내에 존재하는 오염물질의 크기에 따라 막공극에 의한 체거름 현상을 통해 분리하는데 이러한 오염물질이 막표면에 축적되거나 기공 내에 흡착 또는 막힘 현상을 유발하여 분리막의 투과유속을 감소시키며, 이로 인해 운전에 필요한 전력비 상승의 원인이 된다. 이러한 막오염(Membrane fouling)에 의해 저하된 분리막 및 막여과 시설의 효율은 물리적 세척이나 약품을 이용한 화학적 세정을 통해 형성된 막오염을 제거하고 분리막의 성능을 회복시켜야 한다.

[0004] 분리막의 회복을 위한 물리적 세척 방법은 플러싱, 역세정, air-scrubbing 등 물과 공기를 이용해 막표면에 축적된 오염물질을 수리학적 흐름에 의해 제거하는 방식으로 일반적으로 여과 공정 주기에 따라 수행되고 있다. 물리적 세척 방법에서 효율향상을 위해 알칼리 약품 또는 산성 약품을 낮은 농도로 주입하여 막표면의 바이오파울링 발생을 예방하고 물리적 세척 효율을 향상시키는 방법을 사용한다. 그러나, 물리적 세척은 가역적 오염(reversible fouling)에 의한 회복은 가능하지만, 기공 내 흡착에 의한 오염이나 압밀 또는 점성에 의한 오염의 회복이 어려운 운전기간에 따라 누적되는 오염이 발생하게 된다. 물리세척에 의해 회복되지 않은 비가역적 오염(irreversible fouling)은 오염정도 및 운전기간에 따라 유지세정(CEB, Chemically enhanced backwash) 또는 화학세정(CIP, Cleaning in place)의 수행을 통해 분리막의 성능을 회복하여야 한다. 유지세정 및 화학세정은 주요 오염물질에 따라 산 또는 염기성 등의 약품을 이용하여 진행되며 오염 정도 및 분리막의 조건에 따라 약품 농도 및 접촉시간 등을 조정하여 수행한다. 유지세정은 약품세정에 비해 저농도의 약품을 이용해 단시간 내에 수행하며 약품세정은 분리막의 오염이 심각한 경우, 고농도의 약품을 이용해 장시간 접촉하여 막의 상태를 회복할 수 있다. 그러나, 이러한 화학세정은 약품 비용의 증가, 약품폐액의 발생에 따른 2차 처리 필요 등으로 시설비 및 운영비의 증가문제가 발생하며 잦은 약품세정은 분리막의 특성을 변화시켜 성능 저하를 유발할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허 제2017-0011431호

(특허문헌 0002) 대한민국등록특허 제10-1352497호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 세라믹 분리막을 포함하는 분리막 시스템, 및 상기 세라믹 분리막을 이용한 막여과 공정에서 고온의 증기와 약품을 동시에 주입하는 방법을 적용한 세정기술을 이용하여 물리세척 효율을 향상시키고 동시에 화학적 세정 주기를 늘릴 수 있는 세라믹 분리막의 세정 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 과제를 해결하기 위하여,

- [0010] 본 발명은 일실시예에서,
- [0011] 원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막, 및 상기 분리막에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구를 포함하는 여과부; 상기 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부; 및 상기 여과부에 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부를 포함하는 분리막 시스템을 제공한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 일실시예에서,
- [0014] 세라믹 분리막에 증기를 공급하는 단계; 및 세라믹 분리막에 약품을 공급하는 단계를 포함하는 세라믹 분리막의 세정 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 따른 분리막 시스템은 증기 공급부와 약품 공급부를 모두 포함하여, 유입측으로 증기와 약품을 동시에 주입하여 오염된 세라믹 분리막 막표면의 온도를 증가시키고, 세라믹 분리막 표면에 축적된 오염물질에 발생하는 흡열반응에 의해 내부에너지(enthalpy)보다 무질서도(entropy)가 증가하는 열분해 반응이 발생하여, 열분해 반응에 의해 오염물질의 결합이 약해진 오염물질이 분리막으로부터 탈착시킬 수 있다. 동시에 주입된 약품은 증기에 의해 온도가 상승함에 따라 비체적이 증가하여 확산성이 향상되면서 약품에 의한 화학적 반응을 더욱 활발하게 하는 방식으로 세라믹 분리막의 세정공정이 진행됨에 따라, 화학약품 사용량의 저감과 함께 세라믹 분리막의 오염물질을 효과적으로 제거할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명에 따른 세라믹 분리막의 세정시스템을 나타낸 개략도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 세라믹 분리막의 세정 과정을 나타낸 개략도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 물리세척 및 증기세정에 의한 세라믹 분리막의 회복율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다.
- [0020] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 본 발명에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 본 발명에서, "모노리스(monolith)" 형태의 막은 관형(tubular)막의 변종으로, 다중 루멘(multi-lumen) 막 또는 다중 채널(multi-channel) 막이라고도 부르며, 주상에 성형한 지지체에 복수의 유로를 설치하여, 내벽면에 치밀층을 형성한 막을 의미한다.
- [0024] 이하, 본 발명에 대하여 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0025] 막오염에 의해 저하된 분리막 및 막여과 시설의 효율은, 물리적 세척이나 약품을 이용한 화학적 세정을 통해 형성된 막오염을 제거하고 분리막의 성능을 회복시켜야 한다.
- [0026] 그러나, 물리적 세척은 가역적 오염(reversible fouling)에 의한 회복은 가능하지만 기공 내 흡착에 의한 오염이나 압밀 또는 점성에 의한 오염의 회복이 어려워 운전기간에 따라 누적되는 오염이 발생하게 되고, 화학세정은 약품 비용의 증가, 약품폐액의 발생에 따른 2차 처리 필요 등으로 시설비 및 운영비의 증가문제가 발생하며 잦은 약품세정은 분리막의 특성을 변화시켜 성능 저하를 유발할 수 있다.
- [0027] 이에, 상기 문제점을 해결하기 위해, 본 발명에서는 산화알루미늄(Al_2O_3) 소재의 모노리스(Monolith) 타입을 갖는 세라믹 분리막은 55개의 채널을 통해 물을 유입하여 여과하는 내압식(In-out)의 특징을 가지며, 유효 pH는 1

내지 14로 pH 조건에 관계없이 다양한 수질에 적용이 가능하고, 허용 최대 압력은 20 kgf/cm^2 , 최고 온도는 $1,500^\circ\text{C}$ 로 내화학적 및 내구성, 내열성의 특징을 갖기 때문에 본 발명에서 적용되는 고압의 압력을 이용한 물리적 세척과 고온의 증기(steam)에 약품을 혼합하여 사용하는 약품증기세정에 의해 발생가능한 문제점을 배제할 수 있다.

- [0028] 구체적으로, 본 발명은 원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막, 및 상기 분리막에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구를 포함하는 여과부; 상기 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부; 및 상기 여과부에 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부를 포함하는 분리막 시스템을 제공한다.
- [0029] 본 발명에 따른 분리막 시스템을 도 1을 참조하여 보다 상세히 설명하나, 본 발명의 범위가 하기 제시된 도면에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 분리막 시스템은 원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막(10), 및 상기 분리막(10)에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구(13)를 포함하는 여과부, 역세수조(20), 공기압축기(30), 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부(40), 및 상기 여과부에 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부(50)를 포함하여 이루어진다.
- [0031] 상기 분리막(10)은 원수에 존재하는 오염물질을 여과하여 분리하는 역할을 한다. 유입구에서는 원수 공급을 위한 원수공급펌프(11)와 운전조건을 확인하기 위한 유입압력계(12), 공정을 제어하기 위한 밸브가 더 구비될 수 있다.
- [0032] 상기 밸브는, 원수공급밸브와 유입밸브를 포함할 수 있다.
- [0033] 원수공급밸브는 원수가 유입되는 여과상태와 물리세척 또는 스팀세정을 실시하는 세정상태에 따라 개폐되며 여과수를 생산하기 위하여 원수를 상기 분리막(10)에 공급하는 역할을 할 수 있다.
- [0034] 유입밸브는 상기 분리막(10)의 유입부에 설치되며 유입부 측을 통해 원수 또는 증기가 유입되거나 물리세척 후에 역세수를 배수하기 위하여 구비될 수 있다.
- [0035] 상기 여과부의 세라믹 분리막(10)은 산화알루미늄(Al_2O_3) 분리막일 수 있다.
- [0036] 상기 산화알루미늄 분리막은 모노리스(monolith) 형태의 분리막일 수 있다.
- [0037] 상기 세라믹 분리막(10)에 의해 처리된 여과수의 일부를 역세수로 저장하는 역세수조(20)를 포함하고, 상기 역세수조(20)에 저장된 역세수를 여과부의 여과수 유출구(13)를 통하여 여과부로 공급하는 역세수 공급부를 추가로 포함할 수 있다.
- [0038] 상기 여과수 유출구(13)는 여과수밸브를 구비할 수 있고, 상기 여과수밸브는 유입된 원수의 오염물질을 상기 분리막(10)을 이용해 분리된 여과수를 유출하는 역할을 하며 물리세척에 필요한 여과수를 보관하는 역세수조(20)를 거쳐 처리수조(21)로 보내는 역할을 할 수 있다.
- [0039] 상기 유체 압축기를 포함하고, 상기 압축기에서 압축된 유체를 여과부에 형성된 유체 유입구를 통하여 여과부로 공급하는 유체 공급부를 추가로 포함할 수 있다.
- [0040] 상기 유체 공급부는 역세수 공급부와 유체 연결되어, 역세수 공급부의 역세수는 유체 공급부의 압축 유체에 의해서 여과부로 공급될 수 있다.
- [0041] 물리세척을 위한 장치로, 물리세척에 필요한 역세수의 저장을 위한 역세수조(20)와 공기의 저장을 위한 공기압축기(30)를 구비할 수 있으며, 물과 공기를 이용한 고압의 물리세척을 통해 막표면에 형성된 가역적 오염을 제거할 수 있다. 이 때, 역세수조(20)와 공기압축기(30)는 역세척밸브를 구비할 수 있고, 역세척밸브는 유입된 원수로부터 오염된 상기 분리막(10)을 물리적인 압력으로 역세척하는 물리세척 공정에서 역세수조(20) 및 공기압축기(30)를 이용해 상기 분리막(10)으로 압축 유체를 주입하는 역할을 할 수 있다.
- [0042] 구체적으로, 세라믹 분리막(10)의 물리세척 공정 시 세라믹 분리막(10)에 역세수에 압력을 가하여 수리학적 흐름을 발생시켜 세라믹 분리막의 표면이나 공극에 흡착한 오염물질을 분리하는 역할을 한다. 또한, 공기압축기(30)는 상기의 가압공정에서 탈착된 오염물질을 공기를 이용해 배출하는 역할을 한다.

- [0043] 상기 공기압축기(30)는 200 내지 500 kPa의 압력을 가하는 것일 수 있다. 예를 들어, 공기압축기(30)는 200 내지 400 kPa, 200 내지 300 kPa, 300 내지 500 kPa, 또는 400 내지 500 kPa의 압력을 가하는 것일 수 있다.
- [0044] 상기 증기 공급부(40)는 증기를 발생시키는 증기 생성기를 포함할 수 있으며, 상기 증기 생성기는 탱크 내에 저장된 물의 온도를 올리기 위한 히터코일(41)과 발생된 증기의 온도 및 압력을 확인하기 위한 계측장치(42)가 더 구비될 수 있다. 증기 공급부는 100℃ 이상의 온도로 물을 끓여 증기를 발생하며 설정된 온도에 맞춰 온도를 유지하는 기능을 한다. 예를 들어, 증기 공급부는 100 내지 200℃, 100 내지 180℃, 120 내지 180℃, 또는 150 내지 200℃의 온도로 물을 끓여 증기를 발생시킬 수 있다.
- [0045] 상기 약품 공급부(50)는 상기 증기가 주입될 때 약품을 동시에 주입하여 고온의 증기에 의해 약품의 온도가 상승하도록 증기주입과 같은 유입수 측 배관에 연결한다.
- [0046] 상기 약품 공급부(50)의 약품은 알칼리 약품 또는 산성 약품의 수용액일 수 있다.
- [0047] 상기 약품은 오염물질의 종류에 따라 차아염소산나트륨(NaOCl)과 수산화나트륨(NaOH) 등의 알칼리 약품 또는 옥살산(Oxalic acid)과 구연산(Citric acid) 등의 산성 약품의 수용액일 수 있고, 상기 약품 수용액의 농도는 1 내지 1,000 ppm일 수 있다. 예를 들어, 약품 수용액의 농도는 1 내지 800 ppm, 1 내지 600 ppm, 1 내지 400 ppm, 1 내지 200 ppm, 200 내지 1,000 ppm, 400 내지 1,000 ppm, 600 내지 1,000 ppm, 또는 800 내지 1,000 ppm일 수 있다.
- [0048] 상기 약품 공급부(50)의 약품 공급 라인 및 증기 공급부(40)의 증기 공급 라인은 각각 원수 유입구와 유체 연결될 수 있다. 상기 증기 공급 라인과 약품 공급 라인은 유체 연결되어, 증기와 약품이 여과부로 동시에 공급될 수 있다.
- [0049] 구체적으로, 상기 증기 공급부(40)에서 발생된 증기는 약품 공급부(50)를 통해 주입되는 약품과 동시에 세라믹 분리막(10)에 공급되며, 주입시간 동안 세라믹 분리막(10) 및 오염물질의 온도가 상승함에 따라 오염물질은 열을 흡수하는 흡열반응이 발생하며, 연속적으로 증기가 주입됨에 따라 막표면에 흡착된 오염물질에서 열분해 반응이 발생함에 따라 결합력이 약해진 오염물질이 막표면에서 탈착하는 현상이 발생한다. 열분해 현상에 의해 결합이 약해진 오염물질은 증기세정 공정에 의해 제거가 가능한 가역적 오염상태로 전환되어 진술한 물리세척 공정으로 잔류하는 오염물질을 배출하여 세라믹 분리막의 상태를 회복할 수 있다. 동시에 주입된 약품은 막표면에 흡착된 오염물질을 화학적 반응으로 처리하는데 고온의 증기에 의해 약품의 온도가 상승하면서 비체적이 증가하고 약품의 확산성이 향상됨에 따라 증기와 더불어 세라믹 분리막 세정효율을 향상시킬 수 있다.
- [0051] 또한, 본 발명은 세라믹 분리막에 증기를 공급하는 단계; 및 세라믹 분리막에 약품을 공급하는 단계를 포함하는 세라믹 분리막의 세정 방법을 제공한다.
- [0052] 본 발명에 따른 세라믹 분리막의 세정 방법을 도 2를 참조하여 보다 상세히 설명하나, 본 발명의 범위가 하기 제시된 도면에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0053] 도 2를 참조하면, 세라믹 분리막(10)은 세라믹 분리막(10)에 원수를 유입하여 원수에 포함된 오염물질을 제거하는 역할을 수행하며 여과공정이 진행됨에 따라 막 내부에는 오염물질이 축적된다(S201).
- [0054] 상기 축적된 오염물질을 제거하기 위한 세라믹 분리막의 세정 공정은, 우선, 여과공정이 완료되면 상기 역세수로 세라믹 분리막을 세정하는 역세수 세정 단계; 및 압축 유체로 세라믹 분리막을 세정하는 물리 세정 단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0055] 이는 구체적으로, 분리막(10)에 역세수조(20)에 저장된 물에 공기압축기(30)를 이용해 압력을 가하여 여과 반대 방향으로 압력을 가해주는 가압공정을 진행한다(S202). 가압공정에 의해 세라믹 분리막 내부에 축적된 오염물질의 일부가 분리막에서 탈착된다.
- [0056] 세라믹 분리막(10)에 가해진 압력에 의해 탈착된 오염물질은 여과 반대방향으로 공기압축기(30)의 공기를 주입하여 세라믹 분리막 내부의 오염물질을 제거하는 물리세척 공정을 실시한다(S203). 이때 물리세척 공정에 의해 완벽하게 제거가 되지 않은 오염물질이 세라믹 분리막에 잔류하게 되어 여과공정을 재개할 경우, 초기상태에 비해 여과공정의 효율이 저하된다.
- [0057] 이 후, 상기 세라믹 분리막(10)에 증기를 공급하는 단계 및 세라믹 분리막(10)에 약품을 공급하는 단계를 수행할 수 있으며, 상기 증기와 약품은 동시에 공급될 수 있다.
- [0058] 구체적으로, 상기 세라믹 분리막(10)에 증기를 공급하는 단계 및 세라믹 분리막(10)에 약품을 공급하는 단계는,

잔류한 오염물질의 제거를 위해 원수유입 방향으로 증기 공급부(40)에서 생산된 증기와 약품 공급부(50)를 통해 공급되는 약품이 동시에 주입되고, 일정시간 동안 연속적으로 주입하여 세라믹 분리막의 상부로 배출하면서 일정한 온도의 증기와 약품이 주입되도록 한다(S204).

[0059] 상기 약품의 공급 시간은 1 내지 30분 동안 공급될 수 있다. 예를 들어, 상기 약품의 공급 시간은 1 내지 30분, 1 내지 25분, 1 내지 20분, 1 내지 10분, 1 내지 5분, 5 내지 30분, 10 내지 30분, 15 내지 30분, 20 내지 30분, 또는 25 내지 30분 동안 공급될 수 있다.

[0060] 상기 약품 공급부(50)의 약품은 알칼리 약품 또는 산성 약품의 수용액일 수 있다.

[0061] 상기 약품은 오염물질의 종류에 따라 차아염소산나트륨(NaOCl)과 수산화나트륨(NaOH) 등의 알칼리 약품 또는 옥살산(Oxalic acid)과 구연산(Citric acid) 등의 산성 약품의 수용액일 수 있고, 상기 약품 수용액의 농도는 1 내지 1,000 ppm일 수 있다.

[0062] 상기 주입된 증기와 약품에 의해 세라믹 분리막(10)과 막내부에 잔류하는 오염물질의 온도가 상승하게 되며 이때 오염물질은 증기의 열에너지를 흡수하는 발열반응이 발생하고, 발열반응에 의해 오염물질의 결합력이 약해지는 열분해 반응이 발생한다. 결합력이 약해진 오염물질은 전술한 물리세척 공정으로 잔류하는 오염물질을 배출하여 세라믹 분리막의 상태를 회복한다. 동시에 주입된 약품은 막표면에 흡착된 오염물질을 화학적 반응으로 처리하는데 고온의 증기에 의해 약품의 온도가 상승하면서 비체적이 증가하고 약품의 확산성이 향상되어 증기와 더불어 세라믹 분리막의 상태를 회복한다.

[0063] 열분해 반응과 약품에 의한 화학반응에 의해 결합이 약해진 오염물질은 전술한 물리세척 공정을 다시 수행하면서 잔류한 오염물질을 추가적으로 제거하게 된다(S205 및 S206).

[0065] 이하 본 발명에 따르는 실시예 등을 통해 본 발명을 보다 상세히 설명하나, 본 발명의 범위가 하기 제시된 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0067] **[실시예]**

[0068] **실험예: 세라믹 분리막의 회복율 분석**

[0069] 도 3은 물리세척 및 약품세정, 증기(스팀)세정, 및 약품증기세정(실시예)의 세정방법과 운전압력(100, 200, 300 kPa)에 따른 세라믹 분리막의 회복율을 나타낸 실험결과이다.

[0070] 물리세척을 실시한 결과에서, 물리세척에 의한 세라믹 분리막의 회복율은 32.7%, 25%, 8.2%로 운전압력이 증가할수록 회복율이 감소하였다. 유지세정(CEB)에 대한 회복은 NaOCl 300 ppm의 농도에서 2 시간 침지하였으며 운전압력 100 kPa에서 100% 회복된 반면, 200, 300 kPa에서는 31.8%, 13.5%의 회복율을 보여 높은 운전 압력에서 발생한 오염은 유지세정에 의한 회복이 어려운 것으로 확인되었다.

[0071] 증기를 단독으로 적용하여 5 분간 증기를 주입한 결과, 운전압력에 따라 72.2%, 65.3%, 43.5%로 나타났으며 물리세척 및 유지세정과 마찬가지로 운전압력이 증가할수록 회복율이 감소함을 확인하였다. 그러나 200, 300 kPa의 운전압력에서 유지세정에 의한 회복보다 회복율이 증가함을 확인하였으며 증기를 이용한 세라믹 분리막의 회복이 효율적임을 확인하였다.

[0072] 증기와 약품을 동시에 주입한 약품증기세정(NaOCl 10 ppm)을 5 분간 실시한 결과, 운전압력에 관계없이 80% 이상의 회복율을 보였으며 100 kPa의 운전압력조건에서는 유지세정에 비해 약 18% 낮은 회복율을 보였으나 81.6%의 회복율을 보였으며 200, 300 kPa에서는 89.3%, 81.2%로 전체 비교공정 중 가장 높은 회복율을 보였다.

[0073] 이를 통해, 증기와 약품을 동시에 주입하는 약품증기세정은 일반적으로 적용되는 물리세척 보다 약 48 내지 73%의 효율향상을 보였으며, 증기를 단독으로 주입하는 증기세정보다 약 9 내지 38%의 효율을 향상시키는 것으로 확인되었다. 유지세정과의 비교는 침지시간에 따라 효율이 다를 수 있으나 비교실험인 2 시간 침지조건과 약품증기세정의 5 분에서 약품증기세정의 효율이 높은 것으로 확인되었으며, 이는 약품농도에 따른 약품비, 세정시간 등을 절감할 수 있는 기술로 세라믹 분리막에 대한 유지관리 측면에서 매우 향상된 효율을 보이는 것을 알 수 있다.

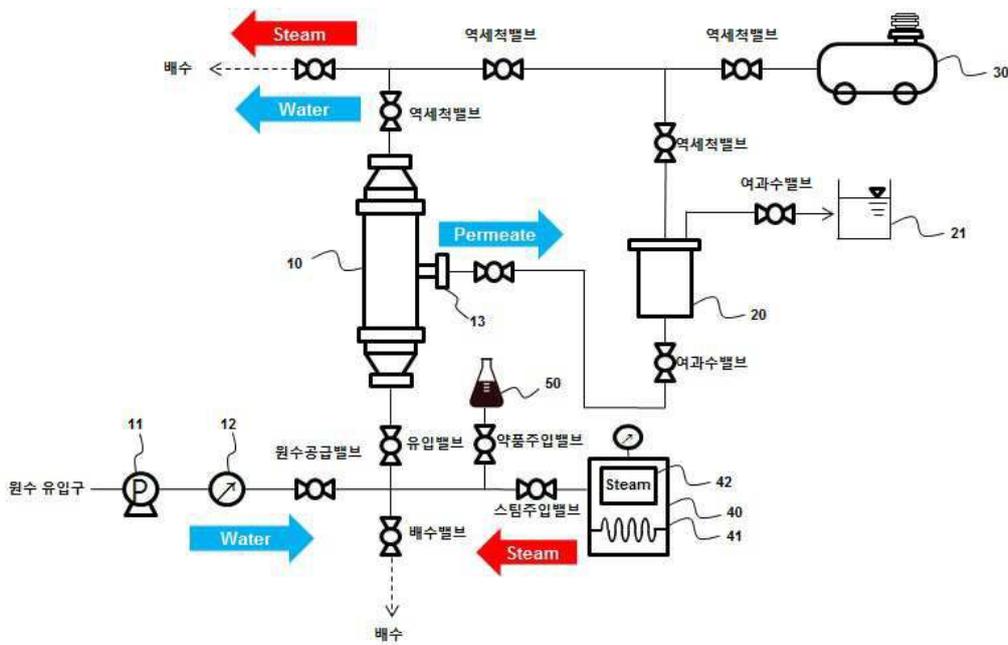
부호의 설명

[0075] 10: 세라믹 분리막

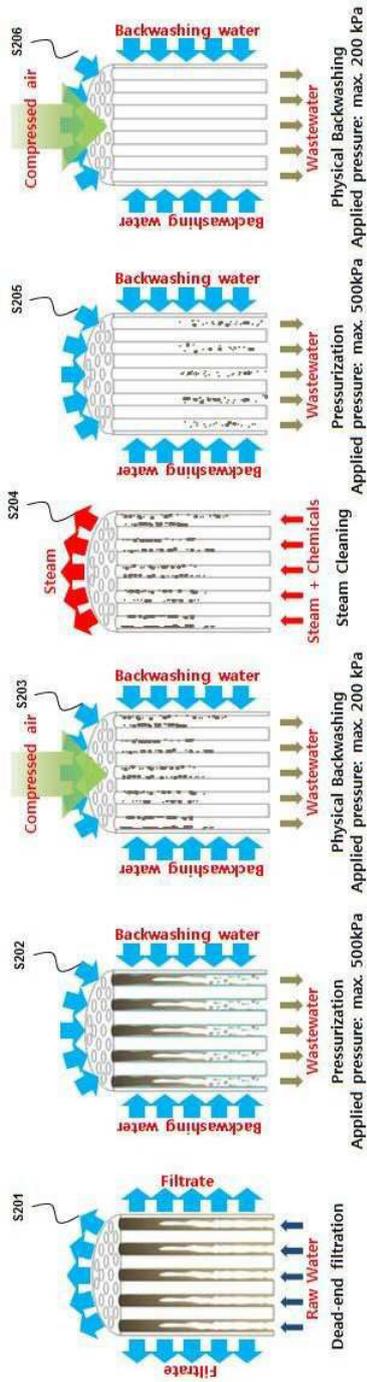
- 11: 원수공급펌프
- 12: 유입압력계
- 13: 여과수 유출구
- 20: 역세수조
- 21: 처리수조
- 30: 공기압축기
- 40: 증기 공급부
- 41: 히터코일
- 42: 계측장치
- 50: 약품 공급부

도면

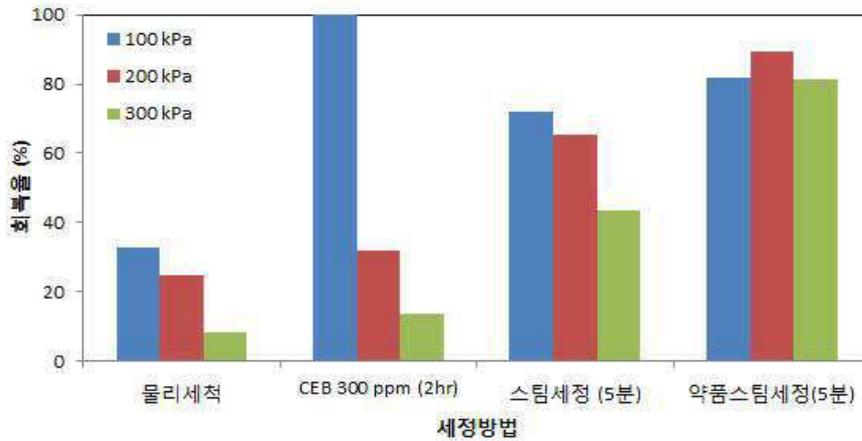
도면1



도면2



도면3



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 11

【변경전】

원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막, 및 상기 분리막에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구를 포함하는 여과부;

상기 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부; 및

상기 여과부에 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부를 포함하고,

상기 약품 공급부의 약품 공급 라인 및 증기 공급부의 증기 공급 라인은 각각 원수 유입구와 유체 연결된, 분리막 시스템을 이용하는 세라믹 분리막의 세정 방법에 있어서,

세라믹 분리막에 증기를 공급하는 단계; 및

세라믹 분리막에 약품을 공급하는 단계를 포함하고,

상기 약품은 차아염소산 나트륨 수용액이고, 차아염소산나트륨의 농도는 5 내지 100ppm이며,

약품의 확산성 향상을 위하여 증기에 약품이 혼합되게 상기 증기와 약품은 동시에 공급되고,

상기 약품의 공급시간은 1 분 내지 30분 동안 공급되는, 세라믹 분리막의 세정 방법.

【변경후】

원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막, 및 상기 분리막에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구를 포함하는 여과부;

상기 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부; 및

상기 여과부에 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부를 포함하고,

상기 약품 공급부의 약품 공급 라인 및 증기 공급부의 증기 공급 라인은 각각 원수 유입구와 유체 연결된, 분리막 시스템을 이용하는 세라믹 분리막의 세정 방법에 있어서,

세라믹 분리막에 증기를 공급하는 단계; 및

세라믹 분리막에 약품을 공급하는 단계를 포함하고,

상기 약품은 차아염소산나트륨 수용액이고, 차아염소산나트륨의 농도는 5 내지 100ppm이며,

약품의 확산성 향상을 위하여 증기에 약품이 혼합되게 상기 증기와 약품은 동시에 공급되고,

상기 약품의 공급시간은 1 분 내지 30분 동안 공급되는, 세라믹 분리막의 세정 방법.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막, 및 상기 분리막에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구를 포함하는 여과부;

상기 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부; 및

상기 여과부에 차아염소산나트륨 수용액이고, 차아염소산 나트륨의 농도는 5 내지 100ppm인 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부를 포함하고,

상기 약품 공급 라인 및 증기 공급 라인은 각각 원수 유입구와 유체 연결되며,

약품의 확산성 향상을 위하여 증기에 약품이 혼합되게, 증기와 약품이 동시에 원수 유입구로 공급되며,

약품의 공급 시간은 1 분 내지 30분 동안 공급되는 분리막 시스템.

【변경후】

원수가 유입되는 원수 유입구, 상기 유입구로부터 유입되는 원수를 분리하는 세라믹 분리막, 및 상기 분리막에 의해 처리된 여과수를 유출하는 여과수 유출구를 포함하는 여과부;

상기 여과부에 증기를 공급하는 증기 공급 라인을 포함하는 증기 공급부; 및

상기 여과부에 차아염소산나트륨 수용액이고, 차아염소산나트륨의 농도는 5 내지 100ppm인 약품을 공급하는 약품 공급 라인을 포함하는 약품 공급부를 포함하고,

상기 약품 공급 라인 및 증기 공급 라인은 각각 원수 유입구와 유체 연결되며,

약품의 확산성 향상을 위하여 증기에 약품이 혼합되게, 증기와 약품이 동시에 원수 유입구로 공급되며,

약품의 공급 시간은 1 분 내지 30분 동안 공급되는 분리막 시스템.